

ОПТИМИЗАЦИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ**А.В. Габалин, В.П. Разбегин (Москва)**

Рассмотрены вопросы анализа и оптимизации функционирования информационно-управляющих систем с помощью имитационных моделей, которые описывают структуру и поведение системы в виде программы для ПК и позволяют проводить эксперименты с целью получения необходимых данных о функционировании элементов и системы в целом.

Информационно-управляющие системы (ИУС) представляют собой рассредоточенные в пространстве многофункциональные взаимосвязанные совокупности стационарных и подвижных элементов с развитыми техническими средствами приема, передачи и обработки информации.

В процессе разработки и совершенствования ИУС возникают сложные задачи оценки эффективности их функционирования при различных вариантах структурного построения, неблагоприятных воздействиях, изменениях расписания и траекторий движения элементов, возникновения аварийных ситуаций, различных стратегий управления и т.п.

Одним из наиболее удобных средств математического моделирования, применяемых при анализе функционирования систем рассматриваемого класса, являются имитационные модели, которые описывают структуру и поведение системы в виде программы для ПК и позволяют проводить машинные эксперименты с целью получения необходимых данных о функционировании элементов и системы в целом в течение определенных интервалов времени. В настоящей работе описывается имитационная модель, предназначенная для решения указанных задач в АСУ ЛА и проведения машинных экспериментов.

АСУ летательного аппарата (ЛА) представляет собой сложную, многофункциональную информационно-управляющую систему, осуществляющую сбор, передачу и обработку информации, поступающей с борта летательного аппарата (ЛА). Она включает в себя стационарные и передвижные пункты приема информации (ППИ), измерительные пункты и станции слежения, распределенные по значительной территории и осуществляющие сбор поступающей телеметрической и другой информации. ППИ размещаются таким образом, чтобы своими зонами радиовидимости (доступности) максимально охватывали территорию, над которой проходит траектории движения ЛА. Для обеспечения наиболее эффективного покрытия зонами радиовидимости передвижные ППИ располагаются в местах, обоснованных специальными расчетами. Типовой ППИ содержит: приемные станции (ПС) телеметрической информации и траекторных измерений; технические средства передачи команд на борт ЛА и приема информации по спутниковой связи; средства управления, баллистических расчетов, оперативной обработки телеметрической информации и службу единого времени.

Информация о режимах функционирования оборудования и аппаратуры, данные о научно-технических экспериментах, проводимых на борту ЛА, принимаются

приемными радиотелеметрическими станциями на ППИ и по каналам связи (КС) передаются на соответствующие узлы связи (УС) для дальнейшей обработки. Часть информации может оперативно обрабатываться на ППИ. После обработки информация поступает по каналам связи в центр управления (вычислительный центр (ВЦ)), где она анализируется специалистами, на основании чего они делают заключение о состоянии технических средств ЛА и информационно-управляющей системы и принимают решение об осуществлении тех или иных управляющих воздействий.

Принципиальная схема функционирования АСУ ЛА приведена на рис. 1. Планом полетов определяется количество контролируемых ЛА различных типов, моменты начала полетов, траектории движения ЛА, режимы функционирования передающих устройств, а также состав и объемы телеметрической и другой информации, передаваемой с борта ЛА. Для передачи информации различного типа борт каждого ЛА оборудуется определенным набором передающих устройств (ПРД) со своей циклограммой работы. Циклограмма определяет состав ПРД для ЛА и время их работы на каждом этапе функционирования. Основной информационной характеристикой ПРД является скорость передачи.

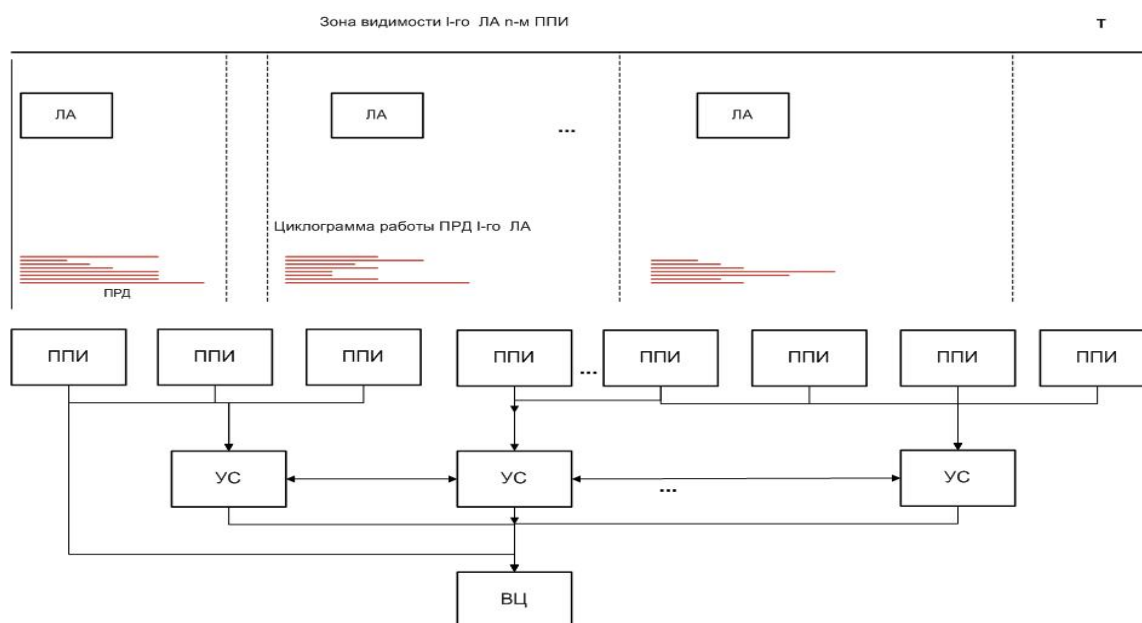


Рис 1. Схема функционирования АСУ ЛА.

На ППИ осуществляется прием информации, передаваемой с борта ЛА, с помощью своих ПС, где параллельно информация записывается на внешний носитель и передается в КС. Прием информации на ППИ с борта ЛА, находящегося в полете, определяется зонами видимости ППИ. Таким образом одна и та же информация, передаваемая с борта ЛА, может приниматься одновременно однотипными ПС на тех ППИ, в зоны видимости которых вошел в данный момент ЛА. Поэтому одной из важных задач является формирование "единого носителя информации", который представляет собой запись такой последовательности информационных посылок (ИП), которая наиболее полно и достоверно отображает поток информации, передаваемой с

борта ЛА. С этой целью на ППИ при записи на внешний носитель и передаче в КС информационная посылка дублируется и фрагментируется. Временные характеристики фрагментов определяются зонами видимости ППИ, на ПС которых эти фрагменты принимаются; такое фрагментирование будем называть "горизонтальным". Фрагментирование ИП при передаче в КС, пропускная способность которого ниже скорости передачи, назовем "вертикальным". Количество вертикальных фрагментов определяется отношением скорости передачи с борта ЛА к пропускной способности КС. В центре управления из отдельных фрагментов собирается единый носитель информации, который затем проверяется на полноту и достоверность.

Прием информации, передаваемой с борта ЛА, осуществляется ПС, тип которой соответствует типу ПРД на борту ЛА. В процессе функционирования системы ПС и КС могут находиться в различных состояниях (холодный резерв, набор готовности, рабочее состояние и др.).

Для экспериментальных исследований процессов функционирования описанной системы разработана имитационная модель. Эта модель позволяет получать и оценивать такие функциональные характеристики как степень загрузки технических средств, длительность ожидания ИП в очередях на обслуживание, уровень оперативности передачи и обработки информации, время формирования единого носителя и др. Модель позволяет также оценивать качество функционирования системы в зависимости от расписания полетов, траекторий движения ЛА, степени резервирования технических средств и их характеристик, структуры системы, выхода из строя отдельных элементов и от других параметров.

В настоящей работе предусматривается наличие в системе нескольких ЛА, а также учет задержек при переключении ПС с ЛА на ЛА, что влечет за собой существенное усложнение алгоритмов функционирования. В этих условиях более удобным и эффективным является использование в качестве инструментального средства моделирования языка GPSS [2]. На выбор языка моделирования повлияли также следующие положения: задача повторяется при различных исходных данных и модель должна быть концептуально более выразительной; информационные посылки движутся в сетях и описываются компонентами сети и связанными с ними очередями; средняя продолжительность событий относительно невелика, и для задания системного времени целесообразно применять метод фиксированных временных интервалов.

Предлагаемая модель состоит из моделей отдельных функциональных блоков системы. В ней описываются и анализируются процессы функционирования: передатчиков, находящихся на борту ЛА; приемных станций различных типов, находящихся на ППИ; каналов связи от приемных станций до узлов связи, от приемных станций до центра управления, от узлов связи до центра управления и между узлами связи; центра управления. Рассмотрим более подробно модели функциональных блоков, соответствующие перечисленным элементам системы (ЛА, ПС, КС и др.) (рис. 2).

Исходя из программы полетов, в блоке ЛА (ПРД) "выполняются" следующие действия: создаются генераторы информационных сообщений для всех ПРД каждого ЛА; определяется время появления каждого ЛА в пределах действия системы; разбиваются на "горизонтальные" фрагменты сгенерированные сообщения; создаются и объединяются в группы "горизонтальные" фрагменты - дубли для всех ППИ, в зоне

видимости которых находится ЛА; отправляются на ПС (ППИ) "горизонтальные" фрагменты. В блоке ПС (ППИ) сначала определяется номер принимающей ПС. Как только "горизонтальный" фрагмент попадает на ПС, всем фрагментам из его группы понижается приоритет обработки (с целью равномерного распределения числа дублей фрагментов). Далее фрагмент "задерживается" на ПС на время обработки, после чего происходит сравнение скоростей ПРД и КС. Если скорость ПРД меньше или равна скорости КС, то "горизонтальный" фрагмент передается в КС целиком. В противном случае он делится на "вертикальные" фрагменты (пакеты), которые последовательно устанавливаются в очередь к КС. Число таких пакетов определяется соотношением скоростей ПРД и КС. Когда очередь подходит, пакет попадает непосредственно на обработку в КС. Время обработки в КС определяется как произведение "длины" пакета на отношение скорости ПРД к скорости КС. В блоках КС1 и КС2 (каналы связи с разными скоростями передач) определяется номер необходимого КС и номер очереди пакета на обработку, осуществляется задержка пакета на время обработки, определяется следующий функциональный блок в технологической цепочке обработки пакета и пакет передается этому блоку (УС или ВЦ). В УС пакет может поступить либо от ПС, либо от другого УС. И в том и в другом случае в блоке УС определяется номер необходимого УС (то есть того, который должен принять поступающую информацию) и на этом УС пакет задерживается на время обработки. Следует отметить, что количество обрабатываемых на УС пакетов не ограничивается и поэтому очередь к УС не учитывается в модели. Последним функциональным блоком модели является центр управления, представляющий собой специализированный вычислительный центр (ВЦ). Также как и УС, ВЦ может одновременно обрабатывать неограниченное число пакетов, то есть очереди к ВЦ не возникает. Задержка во времени на обработке в ВЦ состоит из двух частей: первая - произведение длины пакета на отношение производительности ПРД к производительности ВЦ, вторая - константа, отражающая время переключения обработки с пакета одного ПРД на пакет другого (следует отметить, что для УС и ВЦ при необходимости могут быть использованы более детальные модели их функционирования).

После обработки поступившей информации на ВЦ формируются выходные статистические матрицы, предназначенные для анализа качества функционирования системы и выработки управляющих воздействий. Для всех ПРД каждого ЛА определяется: количество исходных пакетов; количество пакетов, обработанных на ВЦ; количество избыточных пакетов и пакетов-дублей для каждого горизонтального фрагмента; анализируется полнота приема информации, загрузка технических средств приема, передачи и обработки, размеры очередей и т.п. После окончания работы модели собранная статистическая информация для удобства пользователя выводится на экран и на печать в виде соответствующих таблиц и гистограмм.

Предлагаемая в статье модель функционирования информационно-управляющей системы служит основой для решения ряда задач синтеза и анализа структуры систем рассматриваемого класса. Например, для решения задачи выбора и оптимальной корректировки составов ПС, ППИ и КС, обеспечивающих заданную полноту приема и передачи информации, формализуемой в виде: $F(S) \rightarrow \text{opt}, Q(S \cup S1) \geq Q_{\sim}$, где S - исходная структура системы, $S1$ - дополнительный состав ПС и КС, $Q(S \cup S1)$ - степень полноты приема и передачи информации на скорректируемой

структуре; или задачи идентификации и оптимальной развязки “узких мест”, то есть оптимальной коррекции S , обеспечивающей выполнение алгоритмически заданного ограничения $T_{зад}$ на длительность обработки программы испытаний $T(S \cup S1)$: $F(S) \rightarrow opt, T(S \cup S1) \leq T_{зад}$. Наряду с тактико-техническими оценками качества функционирования рассматриваемой системы, разработанная имитационная модель позволяет получать оценки ряда экономических характеристик качества таких, как амортизационные отчисления (зависят от общего времени отработки программы $T(S)$), эксплуатационные расходы (зависят от загрузки технических средств), а также установить удельную стоимость сеанса связи и т.д. Перечисленные задачи синтеза и анализа необходимо решать комплексно, для чего в Институте проблем управления разработан комплекс оптимизационных и имитационных моделей анализа и синтеза структуры информационно-управляющих систем с соответствующим программно-алгоритмическим и информационным обеспечением, ориентированным на активный диалог с пользователем. Комплекс моделей внедрен при проектировании ряда систем [2].

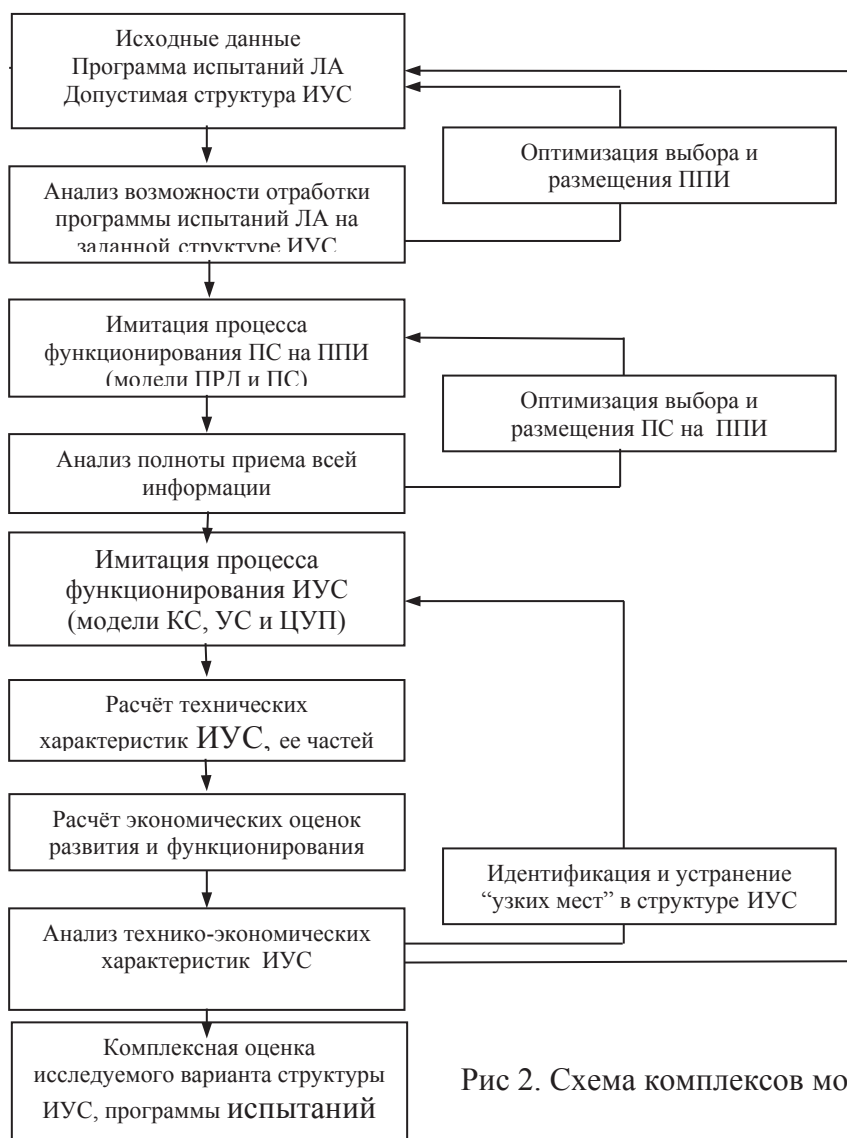


Рис 2. Схема комплексов моделей.

Литература

1. Цвиркун А.Д., Акинфиев В.К., Филиппов В.А. Имитационное моделирование в задачах синтеза структуры сложных систем. М.: Наука, 1985
2. Габалин А.В. Применение математического моделирования на этапе проектирования информационных систем. Доклады научной сессии НИЯУ, секция информационно-телекоммуникационные системы. МИФИ, Москва, 2011, Том 3.